UITSTOOT VAN STIKSTOFOXIDEN EN FIJNSTOF DOOR DIESELVOERTUIGEN



DATUM: 26 mei 2015
RAPPORTNUMMER: TNO 2015 R10733

TNO innovation for life

AUTEURS
Gerrit Kadijk
Norbert Ligterink
Pim van Mensch
Jordy Spreen
Robin Vermeulen
Willar Vonk

TNO-RAPPORT

TNO 2015 R10733

Uitstoot van stikstofoxiden en fijnstof door dieselvoertuigen

DATUM

26 mei 2015

AUTEURS

Gerrit Kadijk

Norbert Ligterink

Pim van Mensch

Jordy Spreen

Robin Vermeulen

Willar Vonk

OPDRACHTGEVER

Ministerie van Infrastructuur en Milieu

MANAGEMENT-SAMENVATTING

Moderne zware Euro VI vrachtwagens stoten in de praktijk gemiddeld een factor 10 minder stikstofoxiden (NO_x) uit dan eerdere generaties Euro IV en Euro V vrachtwagens. De emissies van Euro 6 dieselpersonen- en bestelwagens laten echter een heel ander beeld zien. Ondanks voortdurende aanscherping van Europese emissielimieten blijft namelijk de praktijkuitstoot van NO_x van nieuwe dieselpersonen- en dieselbestelwagens de afgelopen twee decennia nagenoeg onveranderd. De praktijkuitstoot ligt daarmee fors hoger dan de opeenvolgende Euro-limieten gesteld in de emissiewetgeving.

De NO_x-uitstoot door auto's en vrachtauto's draagt in belangrijke mate aan bij aan de concentratie van het schadelijke NO_2 in de lucht. Om aan de Europese normen voor de luchtkwaliteit te voldoen is het terugdringen van de NO_x-uitstoot van het Nederlandse wegverkeer van groot belang.

Emissiemetingen hebben aangetoond dat de NO_x-emissies van personen- en bestelwagens in de praktijk significant kunnen worden verlaagd door toepassing van een zogenaamde SCR-katalysator in combinatie met EGR-technologie. Een SCR-katalysator is een technische voorziening in de uitlaat van een dieselauto die, onder toevoeging van AdBlue, stikstofoxiden (NO_x) in de uitlaatgassen kan afbreken. EGR is een technologie die al langer door fabrikanten wordt toegepast om de NO_x-uitstoot terug te brengen. De lage praktijkemissies van zware Euro VI vrachtwagens worden voornamelijk met EGR- en SCR-technologie bereikt. Inmiddels wordt de combinatie van EGR- en SCR-technologie ook in personen- en bestelwagens toegepast.

De EGR- en SCR-systemen blijken in de geteste Euro 6 dieselpersonenwagens in de praktijk niet optimaal te functioneren. De NO_x-emissies zijn nog relatief hoog. Lagere praktijkemissies zijn mogelijk door aangepaste afstellingen van de EGR- en SCR-systemen. Dit betekent veelal dat de AdBluetanks van dieselpersonenwagens, die momenteel circa 15 tot 25 liter groot zijn, tussen onderhoudsbeurten door bijgevuld moeten worden. Eén van de geteste voertuigen heeft een AdBluetank die groot genoeg is voor het voldoende verlagen van de NO_x-uitstoot.

Wanneer SCR-technologie effectief wordt toegepast, kan het een succesvolle innovatie zijn om voertuigen aanzienlijk schoner te maken. In het verleden is door invoering van succesvolle innovaties, zoals de driewegkatalysator bij benzineauto's en het affabriek roetfilter bij dieselauto's, de uitstoot van vervuilende emissies ook met een factor van meer dan 10 afgenomen.

Om ervoor te zorgen dat SCR-katalysatoren bij dieselpersonen- en bestelauto's effectief worden toegepast is nieuwe Europese wetgeving noodzakelijk die normen stelt aan de NO_x-emissies in de praktijk. Als onderdeel van de Europese typekeuring van auto's moet namelijk een zogenaamde nieuwe 'Real Driving Emission' test worden ingevoerd, waarbij de praktijkemissies met mobiele meetapparatuur op de openbare weg worden gemeten en beoordeeld.

Dergelijke Europese wetgeving is ook noodzakelijk voor vrachtwagens en bussen om een lage NO_x-uitstoot onder stedelijke rijomstandigheden te waarborgen. Uit de laatste inzichten blijkt namelijk dat, juist in binnenstedelijke gebieden, niet alle Euro VI vrachtwagens en bussen een lage NO_x-uitstoot hebben.

De fijnstof-emissie door het wegverkeer is de laatste jaren sterk afgenomen. Euro 6 personen- en bestelwagens en Euro VI vrachtwagens en bussen zijn allemaal voorzien van het zeer effectieve gesloten roetfilter. De introductie van dit roetfilter heeft ervoor gezorgd dat fijnstof-emissies van modernste wegvoertuigen in de praktijk ruimschoots beneden de limietwaarden van de typekeuring liggen.

INLEIDING

In opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu voert TNO sinds 1986 de steekproefcontroleprogramma's voor personen- en bestelwagens en voor vrachtwagens en bussen uit. In deze programma's meet TNO op regelmatige basis de uitlaatgasemissies van deze voertuigen om te onderzoeken of zij aan de EU-typekeuringsnormen voldoen en of zij ook in de praktijk schoon zijn.

De afgelopen twee jaren heeft TNO in dit kader vier rapporten uitgebracht over de uitstoot in de praktijk van vervuilende uitlaatgassen door dieselvoertuigen. Hierbij gaat het om metingen aan in totaal meer dan 20 personen- en bestelwagens en 30 zware vrachtwagens en bussen. Dit document is een samenvatting van deze vier rapporten. Het schetst de laatste inzichten op het gebied van vervuilende uitlaatgassen, met name de emissies van NO_x, van (1) moderne Euro VI zware vrachtwagens, (2) bussen en distributietrucks, (3) Euro 5 bestelwagens en (4) Euro 6 personenwagens. Ook gaat het kort in op de uitstoot van fijnstof (PM10) door deze voertuigen.

Eerst geeft het rapport een beknopte uitleg over de uitlaatgasemissies van wegvoertuigen, hoe deze kunnen worden gecontroleerd en hoe deze worden gemeten. Vervolgens behandelt en vergelijkt het de praktijkemissie-prestaties van achtereenvolgens zware vrachtwagens, bussen en distributietrucks, en personen- en bestelauto's en gaat het kort in op de uitstoot van fijnstof in de praktijk.



WELKE EMISSIES ZIJN HET MEEST VERVUILEND?

De uitlaatgassen van een dieselauto zijn meer vervuilend dan die van een benzineauto. De uitstoot van stikstofoxiden van een moderne dieselpersonenauto is per kilometer 15 tot 30 keer zo hoog als van een moderne benzinepersonenauto. Stikstofoxiden is een verzamelnaam voor stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO_2), vaak samen aangeduid met NO_x. Stikstofoxiden zijn slecht voor de gezondheid en leiden tot smog en zure regen. Voor stikstofdioxide (NO_2) gelden Europese normen voor de luchtkwaliteit. Om de NO_x-uitstoot van het wegverkeer terug te dringen, zijn hieraan Europese eisen gesteld middels de zogenaamde Euro limieten.

Ook fijnstof is slecht voor de gezondheid. De fijnstofuitstoot (PM10) van oude dieselauto's zonder roetfilter is 10 tot 25 keer zo hoog als van een moderne (indirect ingespoten) benzineauto. Om de fijnstofuitstoot van wegverkeer terug te dringen, zijn ook hiervoor Europese limieten van kracht. Daarom zijn moderne dieselauto's voorzien van een affabriek gemonteerd roetfilter. Deze roetfilters vangen nagenoeg alle schadelijke roetdeeltjes af. Bij moderne dieselauto's speelt de uitstoot van fijnstof (PM10) daarom geen rol meer.

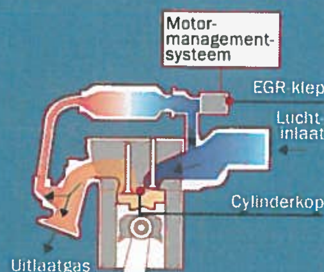
WELKE SYSTEMEN BRENGEN NO_x- EN FIJNSTOFEMISSIES OMLAAG?

DPF – DIESEL PARTICULATE FILTER

Een Diesel Particulate Filter (DPF) is een roetfilter dat de roetdeeltjes opvangt die ontstaan bij de verbranding van diesel. Een roetfilter is in de uitlaat van een dieselmotor geplaatst. Als de uitlaatgassen heet genoeg zijn, verbrandt het roet dat is opgevangen in het filter vanzelf. Het kan voorkomen dat de uitlaatgassen onvoldoende warm worden om het roet te verbranden. In dat geval wordt zogenaamde actieve regeneratie toegepast. Bij actieve regeneratie wordt de temperatuur van het uitlaatgas verhoogd, bijvoorbeeld door extra brandstof in te spuiten.

EGR – EXHAUST GAS RECIRCULATION

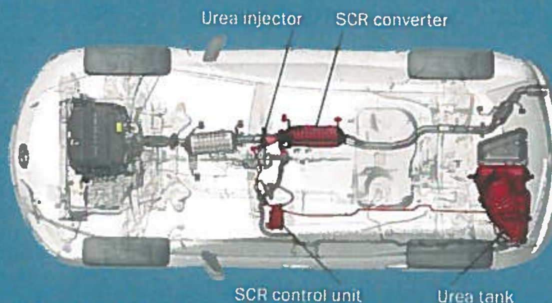
Bij EGR wordt een deel van het uitlaatgas uit de motor teruggevoerd naar de inlaat van de motor. Een deel van de inlaatlucht wordt zo vervangen of aangevuld door verbrandingsgassen. Als EGR wordt toegepast bevat de inlaatlucht minder zuurstof. Hierdoor is de verbranding minder intens, waardoor minder NO_x wordt gevormd. De hoeveelheid uitlaatgas die wordt gerecirculeerd, wordt geregeld door de EGR-klep. Afhankelijk van de gewenste en technisch haalbare NO_x-vermindering bepaalt het motomanagementsysteem van de motor de stand van de EGR-klep.



Bron: www.tc.gc.ca/eng/programs/environment-etv-egr-eng-11-44.htm

SCR – SELECTIVE CATALYTIC REDUCTION

De uitlaatgassen komen terecht in de SCR-katalysator, die achter de motor is geplaatst. In de SCR-katalysator wordt met behulp van ammoniak NO_x omgezet in stikstof en water. De ammoniak is afkomstig van AdBlue, die vlak voor de katalysator wordt ingespoten. De katalysator dient wel een voldoende hoge temperatuur te hebben. Afhankelijk van de gewenste en technisch haalbare NO_x-vermindering bepaalt het motomanagementsysteem de hoeveelheid in te spuiten AdBlue.



Bron: cartype.com/pics/6975-full/urea-scr-system.jpg

HOE WORDEN EMISSIES GEMETEN?

TNO meet de emissies van voertuigen in het laboratorium én op de openbare weg. De metingen in het laboratorium worden op een rollenbankproefstand uitgevoerd. Deze metingen zijn nauwkeurig en worden uitgevoerd onder herhaalbare, gecontroleerde omstandigheden. De metingen op de weg worden uitgevoerd onder praktijkomstandigheden en leveren inzicht in de praktijkprestaties van voertuigen.

METINGEN OP DE ROLLENBANK IN HET LABORATORIUM

Rollenbanktesten vinden onder zeer goed gecontroleerde omstandigheden in een laboratorium plaats. Het voertuig en de meetapparatuur opereren daar onder nauwkeurig gespecificeerde omstandigheden. Dit is uit oogpunt van standaardisering nodig om resultaten van typegoedkeuringstesten, die op verschillende locaties worden uitgevoerd, goed te kunnen vergelijken. De omstandigheden op de openbare weg blijken echter veel meer te variëren en moderne voertuigen blijken in de praktijk vaak andere emissieprestaties te hebben dan op de rollenbank. Voor vaststelling van praktijkemissies zijn daarom metingen op de weg met specifieke meetapparatuur nodig.



Rollenbank TNO – Wegtransportmiddelen, Delft 1970.



Rollenbank Horiba Oberursel, 2011.

TNO heeft ruimschoots 30 jaar ervaring met het uitvoeren van rollenbankmetingen. Tegenwoordig worden rollenbankmetingen in opdracht van TNO en het Ministerie van Infrastructuur en Milieu uitgevoerd bij het testlaboratorium van Horiba in Duitsland.

METINGEN OP DE OPENBARE WEG

Metingen op de openbare weg kunnen worden uitgevoerd met twee verschillende meetsystemen.

PEMS

Met het zogenaamde Portable Emission Measurement System, kortweg PEMS, kan TNO de praktijkemissies nauwkeurig vaststellen. Voor de typekeuring van vrachtwagens is een meting met PEMS verplicht volgens een vaste procedure. Deze procedure heeft ervoor gezorgd dat de praktijkemissies van vrachtwagens sterk zijn gedaald. Er zijn nog verbeteringen in de procedure nodig om lage emissies in binnenstedelijke gebieden te waarborgen. Voor de typekeuring van personenwagens is een meting met PEMS niet verplicht, maar mag worden volstaan met een test op de rollenbank. Over de invoering van een PEMS-test voor personenwagens wordt momenteel in Brussel onderhandeld.

PEMS is een complex systeem, dat alleen door deskundig personeel kan worden ingebouwd en gebruikt. Voor een PEMS-meting betrekt TNO doorgaans voertuigen uit de Nederlandse voertuigvloot. De eigenaar van het voertuig krijgt indien nodig vervangend vervoer aangeboden. TNO brengt de importeur van het voertuig altijd op de hoogte van een PEMS-meting.



Het PEMS-systeem geïnstalleerd op een Euro VI langeafstandsvrachtwagen.



Een PEMS-systeem geïnstalleerd op een Euro VI stadsbus.



Een PEMS-systeem geïnstalleerd op een Euro 6 personenwagen.

SEMS

Met het Smart Emission Measurement System, of SEMS, kunnen ook bepaalde emissies van het voertuig op de weg worden gemeten. SEMS is door TNO ontwikkeld om snel een grove inschatting te kunnen maken van de NO_x-emissies van een voertuig. SEMS is geen gereglementeerd meetinstrument en is minder nauwkeurig dan PEMS, maar het kan gemakkelijk worden in- en uitgebouwd. Het voertuig kan normaal worden ingezet en zo kunnen grote hoeveelheden meetdata over langere perioden van normaal gebruik, bijvoorbeeld een maand, worden verzameld.



SEMS-apparatuur is compact en neemt in het voertuig weinig ruimte in beslag. De eigenaar kan het voertuig tijdens de metingen gewoon blijven gebruiken.



Het SEMS-systeem maakt gebruik van onder meer een of twee NO_x-sensoren en een NH_3-sensor, die gemakkelijk zijn aan te brengen op de uitlaat van een voertuig.

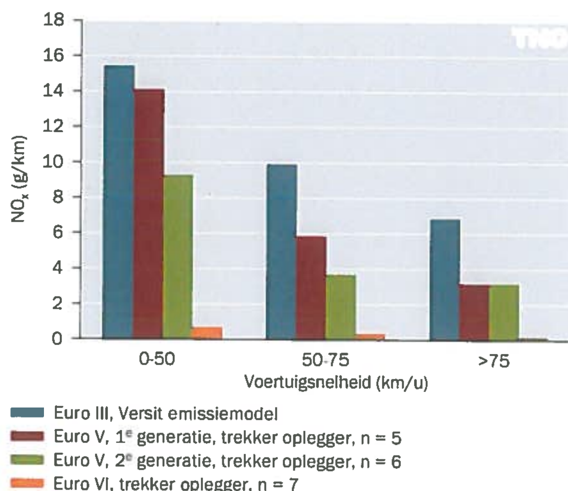
[redacted]

UITSTOOT VAN NIEUWE DIESELAUTO'S

Dit hoofdstuk behandelt achtereenvolgens de emissieprestaties van zware vrachtwagens, bussen en distributietrucks, dieselbestelwagens en dieselpersonenwagen. Vervolgens worden deze emissieprestaties met elkaar vergeleken. Tot slot wordt kort ingegaan op de emissies van fijnstof door alle bovengenoemde voertuigcategorieën.

SCHONE ZWARE VRACHTWAGENS DOOR INVOERING EURO VI WETGEVING

Met de introductie van de Euro VI wetgeving is een grote stap gezet in het schoner maken van zware vrachtwagens. Doordat Euro VI vrachtwagens zijn voorzien van een geavanceerde SCR-katalysator om de uitstoot van NO_x terug te brengen, zijn deze voertuigen voor NO_x significant schoner dan eerdere generaties vrachtwagens (Figuur 1). Daarnaast zijn zij uitgerust met een roetfilter, waarmee ook de emissie van roetdeeltjes flink wordt teruggebracht.



Figuur 1. Euro VI vrachtwagens voor lange afstand stoten significant minder NO_x uit dan vorige generaties vrachtwagens (Vermeulen, 2014).

Naast de emissielimieten zijn in de Euro VI wetgeving ook de testprocedures flink aangescherpt. Vanaf Euro VI is namelijk een praktijkemissietest als verplicht onderdeel toegevoegd aan de Europese typekeuringsprocedure. In deze praktijktest worden de emissies van het voertuig gemeten met mobiele meetapparatuur op de openbare weg gemeten. Zo wordt gecontroleerd of de emissies van het voertuig in overeenstemming zijn met de emissielimieten die in het laboratorium zijn gemeten tijdens de typekeurtest. Een praktijkemissietest was in de Euro V wetgeving nog optioneel.

Om aan op de Euro VI normen voor NO_x te voldoen, hebben voertuigfabrikanten nieuwe motoren ontwikkeld in combinatie met geavanceerde systemen voor het terugbrengen van de uitstoot van vervuilende uitlaatgassen. De uitstoot van NO_x wordt sterk teruggebracht door toepassing van een speciale katalysator, de zogenaamde Selective Catalytic Reduction (SCR) katalysator, en door Exhaust Gas Recirculation of EGR, een systeem voor uitlaatgasrecirculatie. Zware vrachtwagens zijn door invoering van de nieuwe wetgeving veel schoner geworden. Dit succes is het resultaat van de inspanningen van wetgevers én voertuigfabrikanten.

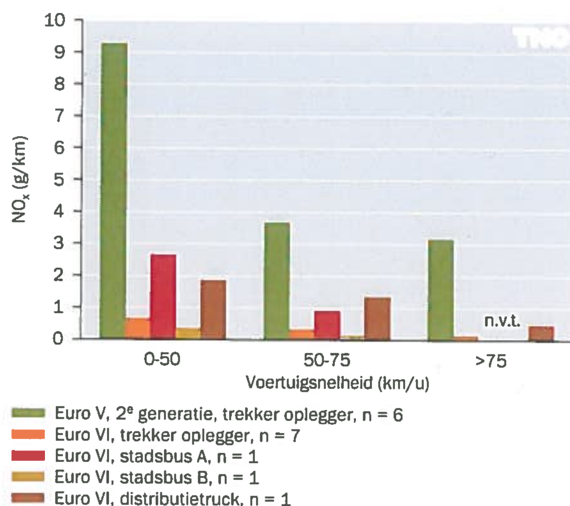
EURO VI DISTRIBUTIETRUCKS EN BUSSEN NOG NIET ONDER ÁLLE OMSTANDIGHEDEN SCHOON

Metingen hebben aangetoond dat onder stedelijke condities sommige Euro VI voertuigen in vergelijking met de vrachtwagens voor lange afstand nog relatief veel NO_x uitstoten [1]. Het gaat dan met name om distributietrucks en stadsbussen. Onder stedelijke omstandigheden is vaak sprake van een lage belasting van de motor. Hierdoor worden de uitlaatgassen, en daarmee de SCR-katalysator, niet warm genoeg voor het voldoende terugbrengen van de NO_x-uitstoot. Stedelijke rijomstandigheden vormen daarom een grotere uitdaging voor het reduceren van NO_x-uitstoot dan de rijomstandigheden van zware vrachtwagens, die grote afstanden op de snelweg afleggen.

TNO testte twee stadsbussen en een distributietruck tijdens typisch dagelijkse inzet, zoals Figuur 2 laat zien. Een van de geteste bussen liet ook onder zware stedelijke omstandigheden een erg lage en stabiele NO_x-uitstoot zien, vergelijkbaar met de eerder geteste zware vrachtwagens. Deze goede emissieprestatie geeft het potentieel aan van de in Euro VI voertuigen toegepaste emissiereductie-technologie. De andere bus en het distributievoertuig lieten onder deze omstandigheden echter relatief hoge en bovendien erg wisselende NO_x-uitstoot zien.

De geteste zware vrachtwagens, distributietrucks en stadsbussen voldoen allemaal aan de eisen die worden gesteld in de Europese typekeuring, zowel in de laboratoriumtest als in de praktijktest die aan de Euro VI typekeuring is toegevoegd. Desondanks blijkt met name in een stedelijke omgeving dat niet alle voertuigen echt schoon zijn. Dit komt doordat typische stadscondities worden onderbelicht in de huidige Europese typekeuringstesten, zowel in de

1 Vermeulen, 2014. Vermeulen, Spreen, Ligterink and Vonk. The Netherlands In-Service Emissions Testing Programme for Heavy-Duty 2011-2013, 26 May 2014, TNO report TNO 2014 R10641 | 2



Figuur 2. TNO testte twee stadsbussen en een distributievoertuig onder voor deze voertuigen representatieve condities. Onder stedelijke omstandigheden lieten twee van deze Euro VI voertuigen in vergelijking met Euro VI trekker-opleggers nog een relatief hoge NO_x-uitstoot zien. Wel ligt de uitstoot in vergelijking met Euro V voertuigen flink lager. Euro VI bussen laten sterk verschillende emissies zien: bus A is in de stad nog niet zo schoon als de gemeten Euro VI trekkers, terwijl bus B laat zien dat dat technisch wel mogelijk is. De emissies van de Euro V voertuigen en Euro VI trekker-opleggers, weergegeven in respectievelijk groen en oranje, komen overeen met de in groen en oranje weergegeven emissies in Figuur 1.

laboratoriumtest als in de praktijktest. Typische stedelijke rijomstandigheden, waarbij de uitlaatgassen van de motor en daardoor ook de katalysator van een stadsbus of distributietruck niet voldoende op temperatuur komen, worden dus nog onvoldoende afgedekt in de typekeuringstest.

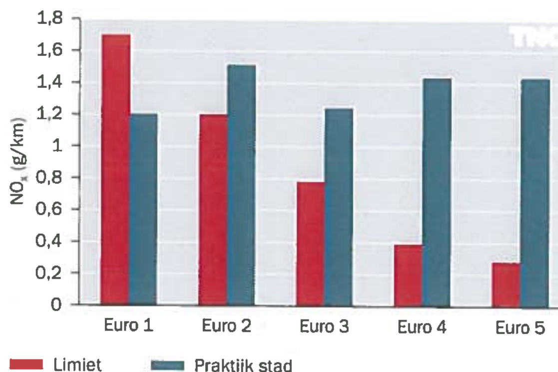
Deze resultaten pleiten voor een verdere verbetering van de typekeurprocedure door voor bussen en distributie-voertuigen de testcondities meer toe te spitsten op de stedelijke omstandigheden. Een dergelijke verbetering stelt fabrikanten voor de technische uitdaging om een zeer lage NO_x-uitstoot te realiseren onder alle rijomstandigheden. De metingen hebben aangetoond dat dit technisch mogelijk is. Daarbij moet worden opgemerkt dat voertuigfabrikanten bij het ontwerp van Euro VI voertuigen zorgvuldig moeten balanceren tussen lage schadelijke emissies enerzijds en optimaal brandstofverbruik en CO_2-emissies anderzijds. Reductie van de NO_x-emissies kan een hoger brandstof-verbruik en bijbehorende hogere CO_2-emissies tot gevolg hebben.

NO_x-UITSTOOT EURO 5 BESTELWAGENS IN PRAKTIJK GEMIDDELD FACTOR VIJF TOT ZES HOGER DAN EURO 5 LIMIETWAARDE

Naar aanleiding van berichten over hoge NO_x-emissies van zware bestelwagens heeft TNO eind 2014 de NO_x-emissies van tien Euro 5 bestelwagens gescreend. De huidige op de markt verkrijgbare moderne dieselbestelwagens zijn Euro 5 gecertificeerd; Euro 6 is voor zware bestelwagens pas vanaf 1 september 2016 verplicht. De geteste voertuigen stootten tijdens praktijkritten op de openbare weg gemiddeld vijf tot zes maal meer NO_x uit dan de Euro 5 limietwaarde van 280 mg/km; de NO_x-emissies van de geteste Euro 5 voertuigen varieerden in de praktijk tussen de 1421 en 1670 mg/km [2]. Opvallend was bovendien dat de resultaten van de tien voertuigen relatief weinig spreiding vertoonden: de voertuigen stootten allemaal veel NO_x uit. TNO heeft naar aanleiding van deze metingen de emissiefactoren voor bestelwagens naar boven bijgesteld.

Eén bestelwagen werd onderworpen aan een meer gedetailleerd onderzoek op een rollenbank in het laboratorium. Dit onderzoek bevestigt resultaten gevonden in eerdere studies: dieselauto's kunnen in het laboratorium aan de typekeuringsnorm voldoen; in de praktijk ligt de NO_x-uitstoot vaak echter fors hoger. Ondanks de aanscherping van de emissielimieten worden beoogde reducties van NO_x-emissies van dieselpersonenauto's en dieselbestelauto's in de praktijk al jaren niet gehaald. Het verschil tussen de typekeuringswaarde en de praktijk groeit, maar de oorzaken hiervan zijn meervoudig en lastig vast te stellen.

Figuur 3 toont de NO_x-emissies van bestelwagens onder stedelijke rijomstandigheden; gezien de inzet van bestelwagens de meest relevante emissies voor dit soort voertuigen. De figuur laat zien dat de invoering van nieuwe emissienormen niet heeft geleid tot daling van de NO_x-praktijkemissies. Zware bestelwagens van de Euroklassen 1 tot en met 5 stoten ongeveer evenveel NO_x uit (1200-1500 mg/km). Verbetering van deze emissies is mogelijk. Daarvoor is robuuste wetgeving nodig waarin eisen aan deze praktijkemissies worden gesteld.



Figuur 3. NO_x-emissies van zware bestelwagens in de stad, in vergelijking met de emissielimiet.

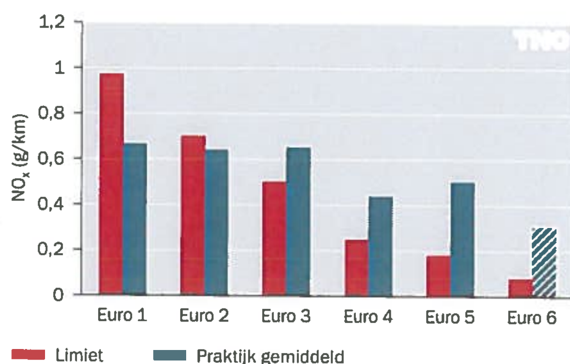
Een aanpassing van de testcyclus, zoals de nieuwe WLTP-testprocedure, biedt naar verwachting weinig soelaas voor dit probleem. De oplossing voor het onder controle brengen van de praktijkemissies moet worden gezocht in het op de weg meten en monitoren van voertuigen met mobiele meetapparatuur. Het op de weg meten van emissies tijdens typekeurtests is onderdeel van de nieuwe RDE (Real Driving Emissions, zie kader) wetgeving, die momenteel in Brussel wordt ontwikkeld.

2 Kadijk, 2015b. Kadijk, Ligterink and Spreen. On-road NO_x and CO_2 investigations of Euro 5 Light Commercial Vehicles, 9 March 2015, TNO report TNO 2015 R10192.

NO_x-UITSTOOT EURO 6 DIESELPERSONENWAGENS ONVERANDERD HOOG

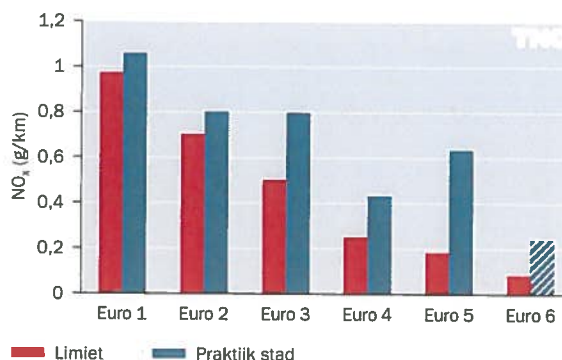
TNO heeft emissiemetingen uitgevoerd aan in totaal zestien Euro 6 diesel personenwagens, zowel in het laboratorium als op de openbare weg. De testen laten zien dat alle zestien geteste voertuigen op basis van de typekeuringstest aan de Euro 6 NO_x-norm van 80 mg/km voldoen. In de praktijk lopen de NO_x-emissies van de verschillende typen Euro 6 dieselvoertuigen uiteen van 150 tot 600 mg/km [3]. De deeltjesemissies (PM10) van de voertuigen waren wel ruim beneden de wettelijke norm van 4,5 mg/km. Dit is toe te schrijven aan de aanwezigheid van gesloten roetfilters bij deze Euro 6 voertuigen.

Zoals Figuur 4 laat zien, zijn de praktijk-NO_x-emissies voor de gemiddelde Nederlandse situatie op de weg van dieselpersonenwagens al jaren hoger dan de limieten gesteld in de wetgeving. Het verschil tussen de limiet en de praktijkuitstoot wordt bovendien groter. Dit komt doordat het praktijkgebruik van personenwagens aanzienlijk verschilt van een typekeuringstest. In tegenstelling tot bij vrachtwagens maakt bij personenauto's een praktijktest geen onderdeel uit van de typekeurprocedure.



Figuur 4. Personenwagens stoten in de praktijk nog altijd veel NO_x uit. Bovendien neemt het verschil tussen norm- en praktijkwaarden toe. De getallen in de figuur geven zogenaamde emissiefactoren voor het jaar 2015 weer: de emissies op de snelweg, op de buitenweg en in de stad zijn gewogen tot een gemiddelde waarde voor de NO_x-uitstoot in gram per kilometer afgelegde afstand. Aan Euro 6 personenwagens wordt nog gemeten. Op het moment van schrijven zijn nog niet van alle voertuigmodellen een Euro 6 variant beschikbaar. De Euro 6 praktijkemissies kunnen in de toekomst nog wijzigen op basis van nieuwe metingen en zijn daarom gearceerd weergegeven.

Figuur 5 toont per Euroklasse de NO_x-praktijkemissies van personenwagens onder stedelijke rijomstandigheden. Het is duidelijk te zien dat praktijkemissies van dieselpersonenwagens al jaren niet of nauwelijks afnemen en soms zelfs stijgen, ondanks aanscherping van de emissielimieten voor NO_x. Praktijkemissies zijn belangrijk omdat diverse steden in en buiten Nederland nog altijd kampen met luchtkwaliteitsproblemen. Hoge NO_x-emissies van voertuigen dragen bij aan de hoge NO_2-concentraties in de lucht.



Figuur 5. NO_x-praktijkemissies van personenwagens onder stedelijke rijomstandigheden per Euroklasse. Ondanks aanscherping van de emissielimieten voor NO_x nemen deze praktijkemissies van dieselpersonenwagens al jaren niet of nauwelijks af. Aan Euro 6 personenwagens wordt nog gemeten. Op het moment van schrijven zijn nog niet van alle voertuigmodellen een Euro 6 variant beschikbaar. De Euro 6 praktijkemissies kunnen in de toekomst nog wijzigen op basis van nieuwe metingen en zijn daarom gearceerd weergegeven.

Voor het meetprogramma met in totaal zestien Euro 6 dieselpersonenauto's zijn in 2010 (fase 1) metingen uitgevoerd aan vier voor de Amerikaanse markt bestemde pre-productie 'Euro 6' auto's. In 2013 (fase 2) zijn zes allereerste productieauto's gemeten en in 2015 (fase 3) zijn zes nu op de markt verkrijgbare productiemodellen met SCR en EGR getest.

Bijna alle gemeten Euro 6 voertuigen stoten in een praktijkrit op de weg fors meer NO_x uit dan tijdens een typekeuringstest in het laboratorium. Eén voor fase 3 getest voertuig laat in praktijkritten op de weg een gemiddelde NO_x-uitstoot zien van circa 650 mg/km, terwijl dit voertuig in het laboratorium tijdens alle rollenbankmetingen, dus ook tijdens andere cycli dan de typekeuring, ruimschoots aan de Euro 6 limiet van 80 mg/km voldeed. Het is opmerkelijk dat de NO_x-uitstoot in de praktijk meer dan acht maal zo hoog is als de typekeuringswaarde. Het verschil toont aan dat de regelingen van de motor, de EGR en de SCR tijdens een gecombineerde praktijkrit niet zodanig zijn dat een lage NO_x-emissie wordt gerealiseerd.

Slechts één van de voor fase 3 geteste Euro 6 productievoertuigen liet tijdens de metingen lage NO_x-praktijkemissies zien. Dit voertuig, dat een praktijk-NO_x-uitstoot heeft van 150 mg/km, beschikte net als de andere voor fase 3 geteste voertuigen over een combinatie van EGR en SCR. In tegenstelling tot de andere voertuigen is de regeling van de motor, de SCR-katalysator en het EGR-systeem bij dit voertuig zodanig dat de NO_x-uitstoot ook onder alle praktijkomstandigheden sterk wordt teruggebracht. Door de effectieve EGR wordt een lage NO_x-emissie van de motor van 650 mg/km gerealiseerd, in combinatie met een NO_x-reductie van 500 mg/km in het SCR-systeem.

Dit ene goed presterende voertuig laat zien dat de combinatie van SCR en EGR de potentie heeft om bij alle Euro 6 dieselpersonenauto's lage NO_x-praktijkemissie te realiseren. Met de huidige grootte van de SCR-katalysatoren

3 Kadijk, 2015a. Kadijk, Mensch, van and Spreen. Detailed investigations and real world emission performance of Euro 6 diesel passenger cars, 18 May 2015, TNO report TNO 2015 R 10702.

kan de NO_x-uitstoot met maximaal circa 500 mg/km worden teruggebracht. Een SCR-systeem alleen is daarom niet voldoende; ook een effectief EGR-systeem is nodig om de NO_x-uitstoot van dieselpersonenwagens voldoende te reduceren.

De AdBluetank van dieselpersonenwagens is momenteel circa 15 tot 25 liter groot en wordt meestal tijdens regulier onderhoud bijgevuld. Om in de praktijk te voldoen aan de Euro 6 limiet van 80 mg/km hebben de meeste nu beschikbare voertuigen een 45 tot 80% grotere AdBluetank nodig of moet de huidige AdBluetank tussen de onderhoudsintervallen door worden bijgevuld. Eén van de geteste voertuigen heeft een AdBluetank die groot genoeg is voor het voldoende verlagen van de NO_x-uitstoot.

Het is de verwachting dat de kleinere Euro 6 dieselvoertuigen die in 2015 op de markt komen net als Euro 5 voertuigen zijn uitgerust met alleen EGR-technologie. Bij kleinere voertuigen kan namelijk met alleen EGR, dus zonder SCR, aan de Euro 6 norm voor NO_x worden voldaan. Gezien de praktijk bij de reeds geteste Euro 5 voertuigen is het de verwachting dat ook de praktijkemissies van deze voertuigen op de weg relatief hoog zullen blijken te zijn.

Tot op heden ontbreekt het aan wetgeving die eisen stelt aan de praktijkemissies van personen- en bestelwagens, die effectief de emissies in op de weg vermindert. Wel wordt momenteel in Brussel gewerkt aan wetgeving voor een nieuwe typekeuringstest (zie kader).

VERGELIJKING NO_X-EMISSIES PERSONENWAGENS EN BESTELWAGENS MET DIE VAN VRACHTWAGENS

Een vergelijking van de NO_x-emissies van personenwagens met die van vrachtwagens geeft een opvallend beeld: de praktijkemissies per gereden kilometer van Euro VI vrachtwagens komen dicht in de buurt van de praktijkemissies van Euro 6 dieselpersonenwagens (Figuur 6). Bij de overgang van Euro V naar Euro VI is bij de zware voertuigen een grote stap gemaakt; zowel in absolute als in relatieve zin. De geboekte resultaten bij de overgang van Euro 5 naar Euro 6 bij personenauto's zijn echter klein. De stedelijke NO_x-emissies van zware Euro 5 bestelwagens liggen een factor 2-3 hoger dan die van Euro VI vrachtwagens, ondanks dat deze vrachtwagens 5 tot 10 keer zwaarder zijn.

Dit verschil wordt voor het grootste deel veroorzaakt door het feit dat in de wetgeving voor vrachtwagens (Euro VI) de eerder genoemde praktijktest een verplicht onderdeel van de typekeuring uitmaakt. In de Euro 6 wetgeving voor personenwagens en bestelwagens is momenteel helemaal nog geen sprake van een praktijktest.

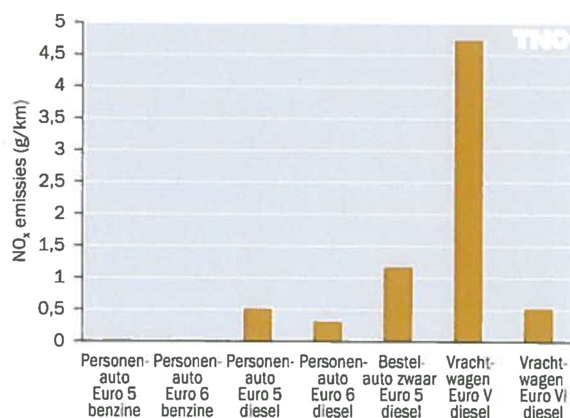
Gezien de voor personenwagens en bestelwagens met een dieselmotor nog tegenvallende resultaten ligt de focus bij emissiemetingen aan deze voertuigen de komende

'REAL DRIVING EMISSIONS': WETGEVING VOOR LAGE PRAKTIJKEMISSIES

Deze wetgeving, ook wel aangeduid met *'Real Driving Emissions'* of RDE, moet de NO_x-uitstoot van dieselpersonenauto's onder praktijk-rijomstandigheden reguleren.

Op 19 mei 2015 is in het Technisch Comité Motorvoertuigen (TCMV) van de Europese Commissie overeenstemming bereikt over de invoering van RDE voor personen- en bestelwagens. De details van deze RDE-wetgeving, waaronder de limieten waaraan de praktijkemissies moeten voldoen, worden de komende tijd vastgesteld. De Europese Commissie stelt zich tot doel de gehele wetgeving voor het eind van 2015 vast te leggen, waarna 2 jaar later, eind 2017, de limietwaarden dwingend kunnen worden toegepast op dan te verlenen typegoedkeuringen. Weer een jaar later, eind 2018, wordt de procedure voor alle nieuwe auto's verplicht.

De Europese auto-industrie heeft echter voorkeur voor invoering van RDE-wetgeving in 2020. Het is daarom onwaarschijnlijk dat deze als op korte termijn kan bijdragen aan oplossingen voor de luchtkwaliteitsproblemen. Bovendien zullen de kwaliteit van deze wetgeving en vooral de kwaliteit van de onderliggende testprocedures en protocollen van grote invloed zijn op de uiteindelijke resultaten in de praktijk. Het Ministerie van Infrastructuur, de RDW en TNO hebben gezamenlijk zitting in het TCMV en dragen zo bij aan de ontwikkeling van een effectieve wetgeving.

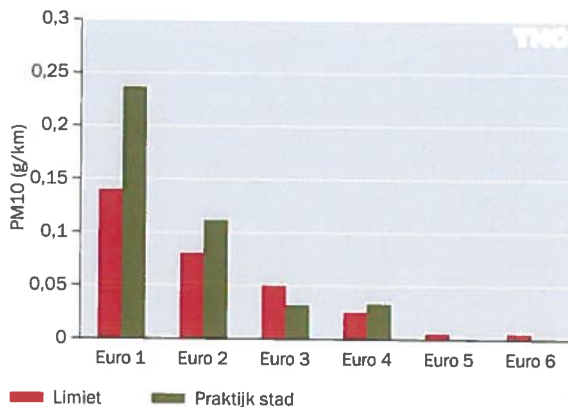


Figuur 6. Vergelijking van de NO_x-uitstoot van Euro 5/6 benzine- en dieselpersonenwagens en Euro V/VI dieselvrachtwagens. De absolute NO_x-uitstoot komt voor een Euro VI zware vrachtwagen op het niveau van een Euro 5 en zelfs Euro 6 personenauto. De getallen in de figuur geven zogenaamde emissiefactoren voor het jaar 2015 weer: de emissies op de snelweg, op de buitenweg en in de stad zijn gewogen tot een gemiddelde waarde voor de NO_x-uitstoot in gram per kilometer afgelegde afstand.

jaren op de NO_x-uitstoot van dieselwagens. Een verdere verbetering van de Euro VI wetgeving voor vrachtwagens kan de goede resultaten consolideren voor de groep vrachtwagens die nu nog wel eens achterblijft: de stadsbussen en distributietrucks. Het ministerie van Infrastructuur en Milieu en TNO gebruiken de meetresultaten uit de emissiemeetprogramma's om in Brussel te pleiten voor de invoering van een effectieve praktijktest als onderdeel van de typegoedkeuring voor personenwagens en aanscherping van de eisen voor vrachtwagens.

UITSTOOT VAN FIJNSTOF (PM) DOOR DIESELVOERTUIGEN

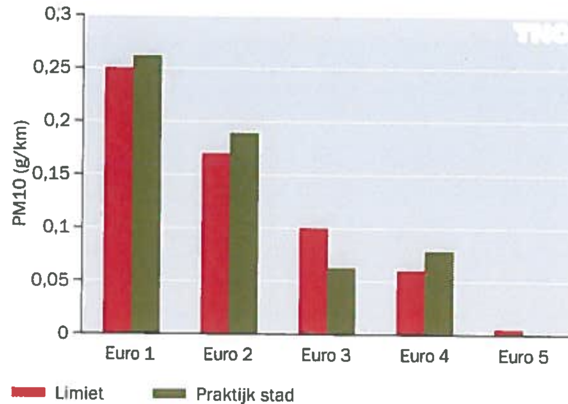
Moderne personenauto's, vrachtwagens en bussen op dieselzijn allemaal voorzien van een roetfilter voor de reductie van fijnstof (PM). Voor deze voertuigcategorieën zijn de PM-emissies in de praktijk zeer laag.



Figuur 7. De uitstoot van fijnstof door personenwagens is in de loop der jaren fors afgenomen. Euro 5 en 6 personenwagens zijn voorzien van een gesloten roetfilter en hebben een zeer lage deeltjesemissie. De praktijkemissies van deze voertuigen zijn ver onder de norm en nauwelijks meetbaar.

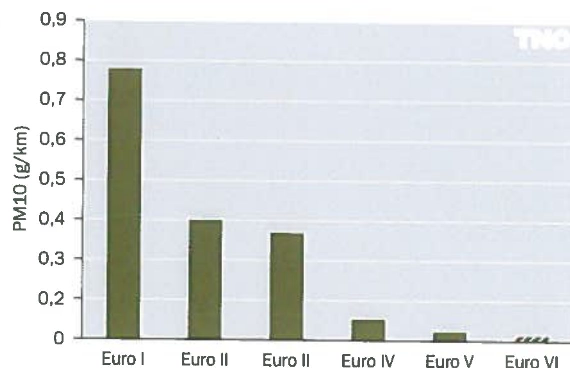
Met de introductie van de Euro 4 norm in 2005 halveerde de fijnstofnorm voor dieselpersonenwagens. De vervolgens nog vijfmaal strengere limiet voor de uitstoot van fijnstof in de Euro 5 regelgeving van 2009 heeft ervoor gezorgd dat autofabrikanten alleen aan de wetgeving konden voldoen door voertuigen affabriek uit te rusten met roetfilters. Ongeveer de helft van alle Euro 4 voertuigen zijn in het kader van een stimuleringsprogramma ook reeds uitgerust met een roetfilter. Figuur 7 laat zien dat de uitstoot van fijnstof door dieselpersonenauto's in de stad in de loop der jaren flink is afgenomen. De verscherpte afname na introductie van de Euro 5 norm is goed te zien. De praktijkemissies van deze voertuigen zijn nauwelijks meetbaar en daarom niet te zien in de figuur.

Dieselbestelwagens laten een zelfde trend zien (Figuur 8). Bij Euro 5 dieselbestelauto's werden af-fabriek roetfilters rond 2010 geïntroduceerd.



Figuur 8. Ook de fijnstofemissies van bestelwagens zijn de laatste decennia flink gereduceerd. Euro 5 bestelwagens zijn voorzien van een gesloten roetfilter en hebben een zeer lage deeltjesemissie. De praktijkemissies van deze voertuigen zijn ver onder de norm en nauwelijks meetbaar.

De introductie van roetfilters heeft ook bij zware vrachtwagens gezorgd voor een scherpe daling van de uitstoot van fijnstof (Figuur 9).



Figuur 9. De uitstoot van fijnstof van zware vrachtwagens in de stad is flink teruggebracht. PM10-emissies zijn in de wetgeving voor zware vrachtwagens niet in g/km genormeerd omdat voor deze voertuigcategorie eisen zijn gesteld aan de motoren van de voertuigen. Daarom zijn in deze figuur geen limietwaarden weergegeven. Omdat van Euro VI vrachtwagens nog niet alle praktijkinzichten bekend zijn, zijn de praktijkemissies voor deze voertuigklasse gearceerd weergegeven.

Voor handhaving van deze lage fijnstofemissies blijft TNO in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu deze emissies monitoren. In de dagelijkse praktijk is zekerstelling van de aanwezigheid en een goede werking van een effectief roetfilter een vereiste. Een dergelijke controle kan bijvoorbeeld bij een APK-keuring kunnen plaatsvinden.

CONCLUSIES

1 De praktijktest in de Euro VI wetgeving heeft bij zware vrachtwagens geleid tot significante verlaging van NO_x-praktijkemissies.

2 Voor bussen en distributievoertuigen lijken de NO_x-praktijkemissies niet in alle gevallen zo laag te zijn als op basis van de nieuwe Euro VI limieten mag worden verwacht. Omdat deze voertuigen vooral in de stad worden ingezet, is het wenselijk dat ook de praktijkemissies van deze voertuigen laag zijn.

3 De praktijkemissies van zware Euro 5 bestelwagens liggen een factor 5 à 6 boven de Euro 5 typekeuringsnorm voor NO_x. Bestelauto's zijn hiermee voor NO_x een factor 2-3 vervuilender dan zware Euro VI vrachtwagens. Zij dragen in de toekomst daarom nog substantieel bij aan hoge NO_2-concentraties in de lucht. In de komende jaren zullen bestelwagens aan Euro 6 wetgeving moeten voldoen. Zonder wetgeving voor Real Driving Emissies (RDE) is de verwachting dat de praktijk NO_x-emissies niet of nauwelijks zullen afnemen.

4 Bijna alle gemeten Euro 6 voertuigen stoten in een praktijkrit op de weg fors meer NO_x uit dan tijdens een typekeuringstest in het laboratorium. De NO_x-praktijkemissies van huidige Euro 6 productie-dieselpersonenwagens zijn tot 8 keer hoger dan de limietwaarde van de typekeurtest en bevinden zich gemiddeld net onder het niveau van zware Euro VI vrachtwagens.

5 Eén van de zes in 2015 geteste Euro 6 huidige productie-dieselpersonenauto met EGR en SCR laat in praktijkritten op de weg een gemiddelde NO_x-uitstoot zien van circa 650m g/km, terwijl dit voertuig in het laboratorium tijdens alle rollenbankmetingen, dus ook tijdens andere cycli dan de typekeuring, ruimschoots aan de Euro 6 limiet van 80 mg/km voldeed. Het is opmerkelijk dat de NO_x-uitstoot in de praktijk meer dan 8 maal zo hoog is als de typekeuringswaarde. Het verschil toont aan dat de regelingen van de motor, de EGR en de SCR tijdens een gecombineerde praktijkrit niet zodanig zijn dat een lage NO_x-emissie wordt gerealiseerd.

6 Slechts één van de zes in 2015 geteste huidige productie-dieselpersonenwagens met EGR en SCR heeft wel lage praktijkemissies. In tegenstelling tot de andere voertuigen is de regeling van de motor, de SCR en de EGR zodanig dat de NO_x-uitstoot onder praktijkomstandigheden sterk wordt teruggebracht. De NO_x-emissie van 150 mg/km van dit voertuig wordt gerealiseerd door een lage NO_x-emissie van de motor van 650 mg/km, in combinatie met een NO_x-reductie van 500 mg/km in het SCR-systeem.

7 De toegepaste EGR- en SCR-systemen in de geteste Euro 6 dieselpersonenwagens blijken in de praktijk niet optimaal te functioneren. Lagere praktijkemissies zijn mogelijk door aangepaste afstellingen van de EGR- en SCR-systemen. Dit betekent veelal dat de AdBluetanks van dieselpersonenwagens, die momenteel circa 15 tot 25 liter groot zijn, tussen onderhoudsbeurten door bijgevuld moeten worden. Eén van de geteste voertuigen heeft een AdBluetank die groot genoeg is voor het voldoende verlagen van de NO_x-uitstoot.

8 Daarmee is aangetoond dat, net als bij zware vrachtwagens, de combinatie van SCR en EGR de potentie heeft om bij alle Euro 6 dieselpersonenauto's lage NO_x- praktijkemissie te realiseren. Omdat er in de huidige wetgeving geen eisen zijn gesteld aan praktijkemissies, worden lage NO_x-praktijkemissies momenteel maar zelden gerealiseerd.

9 De invoering van RDE-wetgeving, die eisen stelt aan praktijkemissies voor Euro 6 personenwagens, is noodzakelijk om ervoor te zorgen dat bij alle dieselvoertuigen een aanzienlijke daling van NO_x-praktijkemissies wordt gerealiseerd. Op 19 mei 2015 is overeenstemming bereikt over de invoering van dergelijke wetgeving. De details van de RDE-wetgeving, waaronder de limieten waaraan de praktijkemissies moeten voldoen, worden de komende tijd vastgesteld. De Europese Commissie stelt zich tot doel de gehele wetgeving voor het eind van 2015 vast te leggen, waarna 2 jaar later, eind 2017, de limietwaarden dwingend kunnen worden toegepast op dan te verlenen typegoedkeuringen. Weer een jaar later, eind 2018, wordt de procedure voor alle nieuwe auto's verplicht. Het Ministerie van Infrastructuur, de RDW en TNO hebben gezamenlijk zitting in het TCMV en dragen zo bij aan de ontwikkeling van een effectieve wetgeving.

10 Voor alle voertuigen die voorzien zijn van een gesloten roetfilter blijken de fijnstofemissies in de praktijk ruimschoots beneden de limietwaarden van de typekeuring te liggen. Voor zekerstelling van deze lage fijnstofemissies in de praktijk dienen deze voertuigen met deze roetfiltertechnologie wel te worden gecontroleerd op aanwezigheid en de juiste werking van het roetfilter.

BIJLAGE – LIJST MET GETESTE PERSONENWAGENS

Overzicht geteste voertuigen en type emissietesten per voertuig

Onderzoeksfase	Voertuigtype	Voertuigcode	Rollenbank-testen (#)	PEMS-testen (#)	SEMS-testen (#)
Fase 1	prototypes	H2	6	-	-
		H3	3	-	-
		A2	3	-	-
		E4	6	-	-
Fase 2	eerste Euro 6 productiemodellen	H4	7	-	-
		H6	9	-	-
		H7	0	14	-
		E6	8	15	-
		J1	8	-	-
		J2	10	17	17
Fase 3	selectie van Euro 6 wagens met SCR	K1	19	-	-
		K2	7	16	16
		L1	12	11	16
		M1	7	14	37
		N1	7	-	55
		01	7	14	20
Totaal aantal testen			**119**	**101**	**161**

Fase 1 – Euro 6 prototypes, getest in 2010

Voertuigcode	-	H2	H3	A2	E4*
Vermogen	(kW)	>150	>150	>150	100-125
Motorinhoud	(cm³)	>2000	>2000	>2000	1750-2000
Kilometerstand	(km)	2.354	16.634	9.466	9.400
Brandstof	-	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Leeggewicht	(kg)	1700	1930	2040	1590
Emissieklasse	-	Euro 6	Euro 6	Euro 6	Euro 6
Type voertuig	-	Sedan	Sedan	Sedan	Sedan
Systeem voor reductie van NO_x-uitstoot	-	LNT	LNT	SCR	SCR

* Drie voertuigen

Fase 2 – Eerste Euro 6 productiemodellen, getest in 2012 en 2013

Voertuigcode	-	H4	H6	H7	E6	J1	J2
Vermogen	(kW)	125-150	100-125	100-125	100-125	100-125	100-125
Motorinhoud	(cm³)	1750-2000	1750-2000	1750-2000	1750-2000	1750-2000	1750-2000
Kilometerstand	(km)	10.965	28.376	3.000	26.200	20.100	11.616
Brandstof	-	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Leeggewicht	(kg)	1590	1470	1810	1590	1590	1590
Emissieklasse	-	Euro 6	Euro 6	Euro 6	Euro 6	Euro 6	Euro 6
Type voertuig	-	Wagon	Sedan	Sedan	Sedan	MPV	MPV
Systeem voor reductie van NO_x-uitstoot	-	LNT	LNT	LNT	SCR	EGR	EGR

Fase 3 – Selectie van Euro 6 voertuigen uitgerust met een SCR-systeem, getest in 2014 en 2015

Voertuigcode	-	K1	K2	L1	M1	N1	01
Vermogen	(kW)	100-125	100-125	75-100	100-125	>150	>150
Motorinhoud	(cm³)	1500-1750	1500-1750	1500-1750	>2000	>2000	>2000
Kilometerstand	(km)	3.500	15.000	10.125	20.000	19.500	11.400
Brandstof	-	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Leeggewicht	(kg)	1700	1700	1250	1590	2270	1930
Emissieklasse	-	Euro 6	Euro 6	Euro 6	Euro 6	Euro 6	Euro 6
Type voertuig	-	MPV	MPV	Wagon	Sedan	MPV	Sedan
Systeem voor reductie van NO_x-uitstoot		SCR	SCR	SCR	SCR	SCR	SCR

[redacted]

TNO
Earth, Life & Social Sciences
Van Mourik Broekmanweg 6
2628 XE Delft
Postbus 49
2600 AA Delft

TNO.NL

TNO.NL

JRV150309 01